

Korean Industrial Property Office
PUBLICATION (Extracted translation)

Publication Date: 25 April 2000
Publication No.: P2000-0022638
Application Date: 3 June 1999
Application No.: 10-1999-0020488

Priority Claimed: 1019980037315 10 September 1998 Republic of Korea
Applicant: Samsung Electronics Co., Ltd.
416 Maetan 3-dong, Paldal-ku, Suwon-city, Kyunggi-do, Korea

Title of the Invention:

Micro-mirror Actuator of Optical Disc Drive Using Electrostatic Force and Method of Manufacturing the same

Abstract:

A micro-mirror actuator, which is used as a secondary actuator of an optical disc drive and uses electrostatic force, is provided. The micro-mirror actuator is actuated so that a micro-mirror rotates to and from an arbitrary angle based on the central axis. Even though the actuating displacement of a micro-size mirror is large, or since the size of a mirror is much larger than micro-size, the actuating displacement of the mirror increases, force is generated regardless of the distance between two conductors and the size of the displacement section. An actuator for actuating a micro-mirror using electrostatic force is manufactured at the end of a swing arm in a form of unifying the micro-mirror in consideration of its size, weight, and simplification in order to increase force as the size of the mirror increases. Thus, the size of and weight of the actuator can be reduced and the simplification of the actuator can be obtained.

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. 6 (11) 공개번호 특2000-0022638
G11B 19 /20 (43) 공개일자 2000년04월25일

(21) 출원번호 10-1999-0020488
(22) 출원일자 1999년06월03일
(30) 우선권주장 1019980037315 1998년09월10일 대한민국(KR)
(71) 출원인 삼성전자 주식회사 윤종용
경기도 수원시 팔달구 매탄3동 416
(72) 발명자 최재준
경기도 성남시 분당구 서현동 96 우성아파트 218동 1002호
강성규
경상북도 김천시 평화동 281-4 장미아파트 502호
정희문
서울특별시양천구신정4동1004-3
이기방
서울특별시 송파구 가락동 95-1 금호아파트 105동 803호
(74) 대리인 이영필, 권석흠, 이상용

심사청구 : 있음

(54) 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 및 그 제작 방법

요약

본 발명은 광 디스크 드라이브의 보조 구동기(secondary actuator)로서 사용되는 정전기력(electrostatic force)을 이용한 미소 거울 구동기를 기재한다. 본 발명에 따른 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기는 미소 거울이 중심축을 기준으로 임의의 각도까지 왕복 회전하도록 구동되고, 마이크로 크기를 갖는 거울의 구동 변위가 크거나 거울의 크기가 마이크로 사이즈에 비해 상당히 커서 구동변위가 상대적으로 증가 되더라도, 두 도체 사이의 간격과 변위 구간의 크기에 무관하게 힘을 발생하도록 하며 거울 크기가 커질 수록 힘이 더 증가하게 되도록, 광디스크 드라이브의 스핀 암의 끝단에 크기, 무게, 단순성 정도를 고려하여 정전기력을 이용한 미소 거울을 구동시키는 구동기를 거울과 일체형으로 제작함으로써, 크기와 무게를 줄일수 있으며 단순화를 꾀 할 수 있다.

CLAIMS

DESCRIPTION

명세서

도면의 간단한 설명

도 1a는 일반적인 광디스크 드라이브 시스템 도면이고,

도 1b는 도 1a의 광디스크 드라이브 시스템에서 미소 거울이 부착된 모습을 보여주는 도면,

도 2는 종래의 정전기력을 이용한 거울 구동기의 도면이고,

도 3은 종래의 또 다른 정전기력을 이용한 거울 구동기로서, NASA Jet Propulsion Labrotory(JPL)에서 제안한 거울 구동기의 도면이고,

도 4a는 본 발명에 따른 정전기력을 이용한 미소 거울 구동기의 부분 절개 사시도이고,

도 4b는 도 4a의 A-A' 라인을 따라 절개한 단면을 보여주는 수직 단면도,

도 4c는 도 4a의 보조 거울 구동기의 분해 사시도이고,

도 5a는 도 4a의 보조 거울 구동기의 정전기력 구동 원리를 설명하기 위한 도면이고,

도 5b는 도 5a의 B-B' 라인에서 바라본 정전기력 구동 원리를 설명하기 위한 도면이고,

도 6은 본 발명에 따른 보조 거울 구동기의 구동 및 감지 회로의 개략적 구성을 보여주는 블록도이고,

도 7은 본 발명에 따른 미소 거울 구동기가 제작된 웨이퍼 전체 구조를 보여주는 사시도이고,

도 8a 내지 도 8h는 도 7의 미소 거울 구동기 중 상부의 실리콘 프레임을 벌크(bulk) 실리콘을 사용하여 ICPRIE(inductively coupled plasma reactive ion etching)법과 XeF₂ 가스를 이용한 에칭법으로 제작하는 방법을 공정 단계별로 보여주는 단면도들이고,

도 9a 내지 도 9j는 도 7의 미소 거울 구동기 중 상부의 실리콘 프레임을 벌크(bulk) 실리콘을 사용하여 ICPRIE법과 TMAH(TetraMethyl Ammonium Hydroxide)법으로 제작하는 방법을 공정 단계별로 보여주는 단면도들이고,

도 10a 내지 도 10e는 도 7의 미소 거울 구동기 중 하부의 구조물을 벌크(bulk) 실리콘을 사용하여 ICPRIE법으로 제작하는 방법을 공정 단계별로 보여주는 단면도들이고,

도 11은 도 8h의 상부 실리콘 프레임과 도 9j의 하부 구조물을 결합한 모습을 보여주는 단면도이고,

도 12는 상기와 같이 미소 거울 구동기의 제작 공정이 완료된 후의 모습을 찍은 사진이고,

그리고, 도 13은 도 12의 동그라미 부분(빛살 전극 구조)을 확대하여 찍은 사진이다.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

- | | |
|--------------------|----------------|
| 11. 스윙암(swing arm) | 12. 미소 거울 구동기 |
| 13. 디스크 | 14. 빛의 경로 |
| 15. 미소 거울의 회전 방향 | 16. 스윙암의 회전 방향 |

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 17. 빛의 경로 변환 방향 | 18. 트랙 |
| 21. 기판 | 22. 고정전극 |
| 23. 기둥 | 24. 탄성부재 |
| 25. 가변 평판 | 26. 거울 |
| 31. 기판 | 32. 고정전극 |
| 33. 감지전극 | 34. 공통전극 |
| 35. 거울몸체 | 36. 거울 |
| 37. 탄성부재 | 38. 프레임 |
| 41. 지지단 | 42. 고정 도체판 |
| 43. 이동 도체판 지지단 | 44. 스프링 |
| 45. 직류전압 V_0 | 51. 공통접지 |
| 52. 교류 전압 | 53, 54. 사인 인버터(sign inverter) |
| 55. 바이어스 직류전압 | 56. 최종출력부 |
| 57. C-V 변환기 | 61. 고정자(stator) 기판 |
| 62. 슬라이더(slider) | 63. 스프링(spring) |
| 64. 미러 박막(mirror membrane) | 101. 벌크 실리콘 기판 |
| 103. 실리콘 질화막 마스크 패턴 | 105. 실리콘 산화막 마스크 패턴 |
| 107. 포토레지스트 패턴 | 109. 실리콘 산화막 |
| 120. 금속 미러 | 130. 탄성부재 |
| 140. 상부 빔살 구조 | 201. 벌크 실리콘 기판 |
| 203'. SiO_2 막 | 203. 실리콘 산화막 마스크 패턴 |
| 205. 포토레지스트 패턴 | 207. 측면 식각 방지막 |
| 209. 실리콘 산화막 마스크 패턴 | 211. 빔살 전극 구조 |
| 220. 금속 미러 | 230. 탄성부재 |
| 240. 상부 빔살 구조 | 300. 유리 기판 |
| 301. 실리콘 기판 | 302'. 실리콘 산화막 |
| 302. 실리콘 산화막 마스크 패턴 | 303. 포토레지스트 패턴 |

305. 빗살 전극 구조

306. 실리콘 프레임

307. 어라인 폴

발명의 상세한 설명

발명의 목적

본 발명이 속하는 기술 분야 및 종래의 문제점

본 발명은 광 디스크 드라이브의 보조 구동기(secondary actuator)로서 사용되는 정전기력(electrostatic force)을 이용한 미소 거울 구동기에 관한 것이다.

정보 저장 장치로서 하드디스크 드라이브(HDD), 광디스크 드라이브(ODD)등이 있다. 시스템 환경이 멀티미디어로 변화함에 따라 정보 저장 장치에서 많은 양의 정보 저장과 빠른 데이터 접근 속도가 요구되며, 이를 만족시키기 위해 새로운 정보 저장 장치 개발이 필요하다. 특히, 기존의 광디스크 드라이브에서는 이러한 문제점을 해결 하기 위해서 도 1a에 도시된 저장 장치 개발이 필요하다. 특히, 기존의 광디스크 드라이브에서는 이러한 문제점을 해결 하기 위해서 도 1a에 도시된 바와 같이, 빛의 방향을 미세하게 조정할 수 있는 미소 거울 구동기(micro mirror actuator)(12)를 장착하는 방법이 제시되었다. 이로 인하여 스윙암(swing arm)(11)의 구동속도 한계를 도 1b에 도시된 바와 같이 스윙암의 회전 방향(16)으로 회전하는 스윙암(11)의 끝단에 45° 정도 각도로 부착된 거울을 미소거울의 회전 방향(15)으로 구동시킴으로써 빛의 경로(14)를 빛의 경로 변환 방향(17)으로 변환 속도를 증가시켜서 트랙(18) 위의 데이터 추적(tracking) 속도를 향상시키고, 정보 저장 용량을 증가시켜 디스크(13)의 저장 밀도를 향상시키게 된다.

보조 구동기를 장착하여 데이터의 저장 및 추적 성능을 향상시키는 데이터 광 픽업(pick up) 장치는 최근에 삼성전자 및 미국의 QUINTA사 등에서 연구 개발 중에 있으며 이와 관련된 특허는 아직 발견되지 않고 있다. 그러나, 정전기력을 이용한 마이크로(micro) 광 거울 구동기 자체는 광 스캐닝(optical scanning) 장치(미국특허, 5635708) 및 디지털 마이크로 거울 장치(Digital Micromirror Device)(논문: Jack M. Younse, 1995, "Projection Display Systems Based on the Digital Micromirror Device", SPIE, Vol. 2641, pp 64-75)등 다른 여러 분야에서 널리 사용되고 있으며 특허 또한 많이 존재한다.

일례로서, 종래의 정전력을 이용한 대부분의 미소 거울 구동기는 도 2에 도시된 바와 같이, 기판(21), 이 기판(21)위에 설치된 고정전극(22), 기판(21)위에 고정된 기둥(23), 기둥(23)에 연결된 탄성부재(24), 이 탄성부재(24)를 축으로 회전 가능하고 상기 고정전극(22)과 마주보는 도전성이 있는 가변 평판(25) 및 이 가변평판(25)위에 놓인 거울(26)로 구성된다. 이 미소 거울 구동기의 구동 원리는 고정전극(22)과 가변평판(25) 사이에 전위차를 주어 이 때 가변 평판(25) 면에 수직으로 발생하는 정전기력을 이용하여 가변평판(25)을 구동하는 것이다. 이러한 방식에서 정전기력은 두 도체(고정전극(22)과 가변평판(25))사이의 거리 제곱에 반비례 하므로 두 도체 사이의 거리가 멀거나 가까워지면 힘은 비선형적으로 각각 증가하거나 감소된다. 따라서, 이러한 정전기력에 의한 운동 장치의 적용은 두 도체사이의 거리가 충분히 가까워 정전기력이 효과적으로 작용할 수 있는 마이크로 크기의 시스템에 주로 국한되어 사용된다. 따라서, 구동 변위 또한 아주 작아야 하는 문제점이 있다.

또한, 빗살 구조에 의한 정전효과를 이용한 특허가 미국특허 제5025346호에 기재된 바 있으며, 이는 이동도체판 및 고정도체판이 각각 반복 구조로 연결된 빗살 구조를 지니며 이 구조를 이용하여 현수 구조물을 수평공진주파수를 이용하여 가진시키는 마이크로자이로스코프 구조물에 관한 특허이다.

그리고 도 3은 NASA Jet Propulsion Labrotory(JPL)에서 제안한 정전기력을 이용한 거울 구동기를 나타낸다. 여기서 부재

번호 61은 고정자(stator) 기판이고, 부재번호 62는 슬라이더(slidebar)이며, 부재번호 63은 슬라이더(62)를 고정자 기판(61)에 상하로 진동할 수 있도록 고정하는 스프링(spring)이며, 부재번호 64는 슬라이더(62)에 부착된 미러 박막(mirror membrane)이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하고자 창안된 것으로, 마이크로 미터에서부터 밀리(milli) 미터 까지의 크기를 가지고, 거울은 중심축을 기준으로 임의의 각도까지 왕복 회전 하도록 구동되며, 거울의 구동변위가 크거나 거울의 크기가 마이크로 사이즈에 비해 상당히 크다면 구동변위 또한 상대적으로 증가 되더라도 정전기력을 발생하는 두 도체 사이의 간격과 변위 구간의 크기에 무관하게 힘을 발생시키며 거울 크기가 커질 수록 힘이 더 증가 하게 되는 구조를 갖는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 및 그 제작 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기는, 기판; 상기 기판 상면에 고정된 프레임; 상기 프레임에 연결된 탄성부재; 상기 탄성부재가 상기 기판과 평행한 제1방향의 축상 상기 프레임 상면에 연결되고, 상기 제1방향축을 중심으로 왕복 회전하도록 상기 기판 상면으로부터 이격되어 있는 거울몸체; 상기 거울몸체 위에 장착된 거울; 상기 거울몸체 아래에, 일정 두께, 폭, 길이를 갖는 판 구조물이, 이 판의 면이 상기 제1 방향과 수직하게 놓이고, 상기 판의 길이 방향이, 상기 제1방향과 직각이며 상기 기판과 평행한 제2방향에 평행하게 놓이도록 배치하며, 상기 판 구조물들이 일정 간격을 가지고 상기 제1방향으로 3개 이상 배열되어 있는 공통전극; 상기 공통전극과 같은 구조를 가지며 상기 공통전극과 상기 제1방향으로 소정거리 이격되어 대향하며, 상기 제1방향과 제2방향에 대해 수직인 구조를 가지며 상기 공통전극과 상기 제1방향으로 소정거리 이격되어 존재하며, 상기 기판에 고정 제3방향으로 일정거리 겹치며, 상기 제2방향으로 맞은편 구조물에 서로 일정거리 이격되어 존재하며, 상기 기판에 고정 되어 전압이 인가되면 상기 공통전극에 상기 제3방향으로 정전인력을 제공하는 고정전극; 상기 고정전극과 같은 구조와 배열을 지니며, 상기 기판에 고정되며, 상기 공통전극이 움직이면 정전용량 변화를 감지하는 감지전극; 상기 공통전극과 배열된 상기 고정전극에 전위차를 발생시키도록 상기 고정전극에 전위를 인가하는 전원; 상기 공통전극과 상기 감지전극에 정전 용량의 변화를 측정하는 감지기; 및 상기 전원을 조정하는 제어기;를 구비한 것을 특징으로 한다.

본 발명에 있어서, 상기 고정전극 및 감지전극은 상기 제1방향으로의 축을 기준으로, 일측에 일정한 순서와 비율로 상기 기판 위에 존재하며, 타측에 비율만 같고 순서는 상관없이 상기 기판 위에 존재하고, 상기 전원은 상기 고정전극에 일정한 바이어스 전압을 인가하고 교대로 같은 크기의 전압을 시간에 따라 가감해주는 교류 전압을 인가하여 주는 것이 바람직한 바, 상기 고정전극은 상기 공통전극이 상기 제1방향의 축을 회전축으로 하여 일정량 회전할 때의 정전용량의 증감을 직하며, 상기 감지전극은 상기 공통전극이 상기 제1방향의 축을 회전축으로 하여 2배의 감지효과를 얻는 것이 바람직하며, 상기 프레임, 탄성 부재, 거울몸체, 공통전극은 일체로 형성되고, 상기 프레임, 탄성 부재, 거울몸체, 공통전극은 탄성 및 도전성이 있는 재료로 형성되며, 상기 거울은 상기 거울몸체 윗면에 바로 장착되며, 상기 고정전극 혹은 상기 감지전극이 상기 제2방향으로 서로 이격된 거리 만큼 상기 공통전극과 겹치지 않는 부위에서의 폭을 정전기력에 의한 상부 공통전극의 굽힘 변형이 일정 제한 조건 내에 존재하도록 감소시키며, 상기 프레임, 탄성 부재, 거울몸체, 공통전극은 각각 벌크 실리콘을 이용하여 리액티브 이온 에칭법을 이용하여 일체로 제작되며, 상기 프레임, 탄성 부재, 거울몸체, 공통전극을 구비한 일체의 상부 구조와 상기 기판, 고정전극, 감지전극을 구비한 하부 구조가 각각 형성된 후 양극 본딩(anodic bonding)에 의해 결합된 것이 바람직하다.

또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기의 제작 방법은, (가) 벌크 실리콘 기판을 ICPRIE법 및 XeF₄ 가스 에칭법으로 식각하여 상부 빗살 전극 구조를 갖는 상부 프레임 형성 단계; (나) 유리 기판 상에 부착된 벌크 실리콘을 ICPRIE법으로 식각하여 상기 상부 빗살 전극 구조에 대응하는 하부 빗살 전극 구조를 갖는 하부 구조물을 형성하는 단계; 및 (다) 상기 (가) 단계에서 제작된 상부 프레임을 상기 (나) 단계에서 제작된 하부 구조물에 상기 상부 빗살 전극 구조가 상기 하부 빗살 전극 구조에 맞물리도록 접합하는 단계

;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 있어서, 상기 (가) 단계는, (가-1) 200 μ m 정도 두께의 벌크 실리콘 기판 상에 화학기상증착법을 이용하여 SiN 및 SiO₂를 차례로 증착하여 실리콘 질화막 및 실리콘 산화막을 형성하는 서브단계; (가-2) 상기 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 패터닝하되, 상기 실리콘 질화막은 인산(H₃PO₄)으로 패터닝하여 빗살 전극 구조 형성을 위한 마스크 패턴을 형성하는 서브단계; (가-3) 상기 산화막 및 질화막 마스크 패턴이 형성된 상기 벌크 실리콘 기판 상의 가장자리에 포토레지스트를 도포하고 패터닝하여 빗살 구조 및 어라인 풀 형성을 위한 포토레지스트 마스크 패턴을 형성하는 서브단계; (가-4) 상기 산화막 및 질화막 마스크 패턴 및 상기 포토레지스트 패턴을 이용하여 ICPRIE법으로 상기 벌크 실리콘 기판을 수직 방향으로 두께 10~20 μ m 만 남도록 식각하여 빗살 구조를 형성한 다음 상기 포토레지스트 패턴을 제거하는 서브단계; (가-5) 상기 빗살 구조 위의 실리콘 산화막 마스크 패턴을 제거하여 실리콘 질화막 마스크 패턴이 드러나도록 한 상태에서 상기 빗살 구조를 갖는 실리콘 기판 전면을 산화시켜 재차 실리콘 산화막을 형성하는 서브단계; (가-6) 상기 빗살 구조 위의 실리콘 질화막 마스크 패턴을 제거하여 빗살 구조 상부에만 실리콘이 드러나도록 하고, XeF₂가스를 이용하여 빗살 구조 만을 적당한 길이가 되도록 에칭한 다음 실리콘 산화막을 제거하는 서브단계; (가-7) 상기 벌크 실리콘 기판을 포토 리소그래피법과 ICPRIE법을 이용하여 상기 빗살 구조가 없는 후면에서 식각하여 불필요한 부분을 식각하여 관통시킴으로써 미소 거울 구동기의 상부 프레임을 형성하는 서브단계; 및 (가-8) 상기 상부 프레임 후면에 Al을 증착시켜 금속 미러 및 탄성부재에 도선을 형성하는 서브단계;를 포함하는 것이 바람직하다.

또한, 본 발명에 있어서, 상기 (가) 단계는, (가-1) 두께 200 μ m 의 (100)면을 갖는 벌크 실리콘 기판 전후면에 1100℃에서 3시간 정도 습식 산화(wet oxidation)법으로 산화시켜 1 μ m 두께의 Si₃N₄막을 형성하는 서브단계; (가-2) 포토리소그래피법으로 상기 실리콘 산화막을 패터닝하여 상기 빗살 전극 구조 형성을 위한 마스크 패턴을 형성하는 서브단계; (가-3) ICPRIE법을 이용하여 상기 실리콘 기판을 수직 방향으로 140 μ m 깊이 까지 식각한 다음 포토레지스트 패턴만을 제거하는 서브단계; (가-4) 상기 노출된 실리콘 벽면에 CVD법으로 0.2 μ m 두께의 SiN을 전면에 증착한 다음, 이온 밀링(ion milling)을 이용하여 상기 벽면에 증착된 질화막 외의 모든 질화막을 제거함으로써 측면 식각 방지막을 형성하는 서브단계; (가-5) 상기 노출된 실리콘 기판의 바닥면을 수직 방향으로 ICPRIE법을 이용하여 추가로 깊이 50 μ m 만큼 더욱 깊게 식각하고, 그 식각된 면에 습식 산화법으로 실리콘 산화막 마스크 패턴을 형성하는 서브단계; (가-6) 상기 실리콘 질화막 마스크 패턴을 인산(H₃PO₄)을 이용하여 제거하는 서브단계; (가-7) TMAH법으로 상기 실리콘 기판의 빗살 구조를 식각하여, 상기 빗살 전극 구조를 소정의 길이로 형성하는 서브단계; (가-8) 상기 실리콘 산화막들을 제거하는 서브단계; (가-9) 상기 빗살 구조가 없는 후면으로부터 상기 실리콘 기판의 불필요한 부분을 포토리소그래피법과 ICPRIE법을 이용한 식각으로 제거하여 미소 거울 구동기의 상부 프레임을 형성하는 서브단계; 및 (가-10) 상기 상부 프레임 후면에 Al을 증착시켜 금속 미러 및 탄성부재에 도선을 형성하는 서브단계;를 포함하는 것도 바람직하며, 또한, 이러한 공정들 중에서, 상기 (가-1) 서브 단계에서는 상기 (100)면 혹은 다른 결정 방향을 갖는 벌크 실리콘 기판을 사용하고, 상기 (가-7) 서브단계에서, TMAH법 대신에 XeF₂ 가스를 이용하여 빗살 구조 만을 소정의 길이가 되도록 에칭하는 것도 바람직하다.

또한, 본 발명에 있어서, 상기 (나) 단계는, (나-1) 170 μ m 두께의 고농도 p형 실리콘 기판을 전체적으로 산화시켜 산화막을 형성하는 서브단계; (나-2) 상기 실리콘 웨이퍼 전면의 실리콘 산화막을 패터닝하여 빗살 전극 구조 형성을 위한 실리콘 산화막 마스크 패턴을 형성한 후 배면의 산화막은 완전히 제거하고, 상기 실리콘 기판을 포토리소그래피법과 ICPRIE법을 이용하여 50 μ m 정도 깊이로 식각하는 서브단계; (나-3) 상기 식각된 실리콘 기판의 배면을 1mm 두께의 유리 기판에 양극 접합 공정을 이용하여 접합하는 서브단계; (나-4) 상기 실리콘 기판에 형성된 실리콘 산화막 마스크 패턴을 덮는 포토레지스트 패턴을 형성하고, 상기 실리콘 기판의 빗살 전극 지지부와 주위의 어라인 풀이 형성될 부분만 남기고 상기 실리콘 기판을 수직방향으로 ICPRIE법을 이용하여 70 μ m 깊이 까지 식각하는 서브단계; (나-5) 상기 포토레지스트 패턴을 제거한 다음, ICPRIE법으로 상기 실리콘 기판을 식각하여 하부 빗살 전극 구조를 형성함과 동시에 상기 실리콘 기판의 불필요한 부분을 식각하여 관통시킴으로써 빗살전극 구조의 하부 및 주변에 실리콘 프레임 구조 및 어라인 풀 만을 남겨 미소 거울 구동기의 하부 구조를 완성하는 서브단계;를 포함하는 것이 바람직하다.

또한, 본 발명에 있어서, 상기 (다) 단계는, 상기 유리 기판 상의 하부 빗살 전극 구조에 상기 상부 빗살 전극 구조가 맞물리도록 상기 하부 구조물의 네 귀퉁이에 각각 하나씩 마련된 어라인 풀을 상기 하부 구조물의 홈에 끼워 상기 상부 프레임을 상기 하부 구조물에 결합하는 단계; 및 양극 접합을 이용하여 상기 하부 구조물에 상기 상부 프레임을 양극접합을 이용하여 접합하는 단계;를 포함하는 것이 바람직하다.

이하 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기를 상세하게 설명한다.

본 발명은 마이크로머신 공정을 사용하여 제작 가능하며 마이크로 미터에서부터 밀리(milli) 미터까지의 크기를 갖는 정전기력을 이용한 거울 구동기로서, 거울은 중심축을 기준으로 임의의 각도까지 왕복 회전하도록 구동될 수 있으며, 마이크로 크기를 갖는 거울의 구동 변위가 크거나 거울의 크기가 마이크로 사이즈에 비해 상당히 커서 구동 변위가 상대적으로 증가되어 도 2에 도시된 바와 같은 정전기 구동 방식의 부적합함이 개선되도록 두 도체 사이의 간격과 변위 구간의 크기에 무관하게 힘을 발생시켜야 하며, 거울 크기가 커질수록 힘이 더 증가하게 되는 구조를 갖도록 설계되어야 한다. 이러한 설계 조건을 만족하도록 창안된 것이 도 4a에 도시된 바와 같은 정전기력을 이용한 미소 거울 구동기이다. 이 미소 거울 구동기를 A-A'라인을 따라 절개하여 보면 도 4b에 도시된 바와 같은 단면도가 되고, 분해하여 나열하면 도 4c에 도시된 바와 같다.

본 발명에 따른 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기는 도 4c에 도시된 바와 같이 크게 상부 구조와 하부 구조로 나뉜다. 하부 구조에는 기판(31)과 이에 부착된 고정전극(32)과 감지전극(33)이 구비된다. 상부 구조에는 고정전극(32) 및 감지전극(33)에 상응하는 공통전극(34), 거울몸체(35), 거울(36), 및 이들을 지지하고 구동축이 되는 탄성부재(37), 하부 구조와 연결되는 프레임(38)이 구비된다. 또한, 도 4a, 도 4b 및 도 4c에는 표시되지 않았지만, 구동기를 구동하기 위한 전원공급장치 및 거울몸체의 회전 감지를 위한 감지 장치 그리고 상기 거울몸체(35)를 왕복 회전 변화 조정을 위한 제어기(controller)가 더 구비된다.

상부 구조물에서 상기 거울몸체(35)는 직육면체의 모양으로 양측면의 중앙에 회전 스프링 역할을 하는 탄성부재(37)로 연결되고, 이는 프레임(38)에 연결된다. 거울몸체(35) 윗면에는 거울(36)이 막 형태로 씌워져있다. 거울몸체(35)의 아랫 부분은 일정 두께와 폭 및 길이를 갖는 하나 이상의 판들이 일정한 간격으로 떨어져서 거울 아랫면에 수직으로 배열된 형태를 지니게 된다. 즉, 거울몸체(35)의 앞면에서 바라볼 때 빗살 모양구조를 이루도록 판이 두 개 이상으로 연속적으로 배열된 형태이며 이 판들의 면은 또한 거울의 구동 회전축(거울몸체 양측에 연결된 탄성부재를 연결한 축; 탄성부재축)과 수직을 이룬다. 이러한 빗살 구조물(comb structure)의 빗살 판의 수직방향 길이는 거울 길이와 같고 질량 감소를 위해 도 4b에 도시된 바와 같이 정전기력에 의한 모멘트가 작은 부분인 회전축으로부터 일정 거리까지는 빗살 판의 폭을, 정전기력에 의해 상기 거울몸체(35)의 굽힘 변형이 일정 제한 조건 내에 존재하여 거울의 편평도를 충분히 유지할 수 있는 정도 까지 감소시킨다. 그리고 빗살판의 폭에서 감소된 부분은 하부 구조물의 고정전극(32) 및 감지전극(33)과는 맞물리지 않는 부분이 된다. 거울몸체(35)를 포함해서 빗살 구조물은 도체이므로 이 모두를 공통전극(34)으로 구성한다.

하부 구조물에서 축의 역할을 하는 탄성부재(37)를 기준으로 양옆에 구동을 위한 고정전극(32)과 위치 제어를 위한 감지전극(33)이 기판(31)위에 구성된다. 이 전극들이 형성되는 구조물은 거울몸체(35)에 달려있는 공통전극(34)의 구조물과 같다. 우선, 탄성부재(37)를 기준으로 하여 한 쪽편에 빗살구조를 이루는 판이 고정전극(32)과 감지전극(33)을 위해 각각 두 개이상 사용되며, 이 구조물의 표면 위에 고정전극(32)과 감지전극(33)을 서로 절연시켜 각각 형성한다. 마찬가지로, 탄성부재(37)의 다른 편에도 고정전극(32)과 감지전극(33)을 각각 형성한다. 즉, 탄성부재(37)에 대해 좌우의 고정전극(32) 및 감지전극(33)들은 서로 대각선으로 배열되거나 혹은 탄성부재(37)에 대칭으로 배열된다. 이 하부 구조물의 전극 구조물은 상부 구조물의 공통전극(34)과 서로 접촉하지 않은 상태로, 똑같은 간격을 서로 유지하면서 맞물려있는 상태로 배열이 된다.

이상과 같은 구조를 갖는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브 미소 거울 구동기의 동작원리는 다음과 같다.

미소 거울 구동의 근원적인 힘이 되는 정전기력을 발생시키는 원리는 도 5a 및 도 5b에 도시된 바와 같이, 일정 두께(c)와 길이(d)를 갖는 고정 도체판(42)과 이동 도체판(43)이 기판(31)에 수직인 방향으로 서로 일정 간격(g) 만큼 이격되어 맞물려있는 상태에서 전위차를 인가해주면 이동도체판(43)이 정전기력에 의해 지지단(41)에 고정된 상기 고정도체판(42) 방향(45)으로 이끌려가고 지지단(41)과 상기 이동도체판(43)을 연결하는 스프링(44)에 의해 상기 이동도체판(43)이 복귀되어 왕복 직선하는 원리이다. 하나의 상기 이동도체판(43)에 작용하는 정전기력 F는 복소수(complex)를 이용한 등각사상법(conformal mapping)에 의해 이론적으로 구해지며, 이 값은 마주보는 빗살 사이의 간격 g, 빗살의 두께 c 및 빗살의 길이 d에 따라 달라지며 다음 수식과 같이 구해진다.

$$\alpha = \pi c/2(c+g),$$

$$K[x] = \int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{\sqrt{1-x^2 \sin^2 \theta}}$$

단, 수식식 1에서 ϵ 는 진공 유전율이고, V 는 두 도체 사이의 전위차가 된다.

다시말해서, 미소 거울 구동기의 구동 원리는, 거울몸체(35) 아랫 면에 존재하는 빗살구조물인 이동전극(34)과 기판(31) 위에 존재하며 마주 대응하는 고정전극(32) 사이에 전위차가 주어질 때 정전기력이 거울면에 수직으로 작용하여 거울이 탄성부재(축)(37)에 대해 회전운동하도록 하는 원리이다.

이와 같은 원리로 동작하는 미소 거울 구동기의 구동 회로 및 감지 회로는, 도 6에 도시된 바와 같이, 거울몸체(35)를 탄성부재(37)에 대해 일정량 왕복 회전구동시키기 위해 두 고정전극(32)에 바이어스 직류전압 V_0 (55)를 똑같이 가하고 진폭의 크기가 V_0 인 교류 전압(52)을 두 개의 고정전극(32)에 위상차가 180도가 되도록 부호가 다른 사인 인버터(sign inverter)(53, 54)를 지나도록 한다. 그러면, 한쪽의 고정전극(32)에서는 바이어스 직류전압(55)과 교류전압(52)이 합산되고, 반면 다른 편에서는 상쇄가 된다. 전압이 합산되는 부분에서는 공통접지(51)된 공통전극(34)과 이 전압차로 인한 정전기력이 발생하게된다. 이 힘은 고정전극(32)과 공통전극(34)이 서로 겹쳐지는 영역에서 분포하중으로 작용하고 작용 지점은 탄성부재(37)로부터 일정량의 거리를 가지게 되므로 그에 상응하는 모멘트를 발생시켜 거울몸체(35)를 회전시키게 된다. 제어기에 의해 직류전압(55)의 크기 및 상기 교류전압(52)의 최대 진폭의 크기가 제어되며 또한 상기 교류전압(52)의 위상차 및 주기를 제어하으로서, 시간에 따라 정전기력이 발생하는 위치가 서로 바뀌고, 정전기력의 크기, 정전기력이 작용하는 시간이 조절되어, 거울몸체(35)가 제어된 회전 각도 및 회전 속도로 왕복 회전 운동을 하게 된다. 거울몸체(35)가 구동됨에 따라 공통전극(34) 또한 탄성부재(37)에 대해 회전 구동하고 공통전극(34)과 감지전극(33) 사이에 정전용량의 변화가 발생한다. 이 때 탄성부재(37)에 대해 양편에 감지전극(33)이 존재하므로 공통전극(34)과 감지전극(33)으로 이루어지는 쪽에서는 정전용량이 증가되고 다른 편에서는 감소된다. 이 두 부분에서 측정된 정전용량들의 절대값을 합산하여 전체 정전용량의 변화값으로 간주하여 결국 감지능력을 2배로 향상시키게 된다. 이러한 정전용량 변화값은 C-V 변환기(57)를 통하여 전압의 변화값으로 변환되고 최종출력부(56)에 의해 궁극적으로 거울몸체(35)의 회전 정도를 나타내게 된다.

이와 같이 동작하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브 미소 거울 구동기의 제조 방법은 다음과 같다.

도 7은 본 발명에 따른 미소 거울 구동기가 제작된 웨이퍼 전체 구조를 보여주는 사시도이다. 여기서 좌반부는 거울 몸체(35) 및 미소거울(36)이 제거된 상태를 보여주고, 우반부는 거울 몸체(35) 및 미소거울(36)이 형성되어 있는 상태를 보여준다. 이와 같이, 본 발명에 따른 미소 거울 구동기는 하부 빗살 전극(33)이 형성된 유리 기판(31) 상에 상부 빗살 전극(36)이 형성된 거울 몸체(35)를 갖는 실리콘 프레임(38)을 유리 기판(31)의 네 모서리에 형성된 어라인 홀(100)을 이용하여 결합한 구조로 되어있다. 따라서, 본 발명에 따른 미소 거울 구동기의 제작 방법은 크게 유리 기판(31) 상에 하부 빗살 전극(33) 및 금속 배선(39)을 형성하는 공정과 상부 빗살 전극(36)이 형성된 거울 몸체(35)를 갖는 실리콘 프레임(38)을 형성하는 공정 및 이 둘을 결합하는 공정으로 이루어진다.

여기서, 상부 구조물인 실리콘 프레임(35)은 벌크(bulk) 실리콘을 사용하여 제작한다. 상부 구조물 제작 방법으로 ICPRIE(inductively coupled plasma reactive ion etching)법과 XeF₄ 가스를 이용한 에칭법을 이용하는 도 8a 내지 도 8h 에 제시된 방법과 ICPRIE법과 TMAH(TetraMethyl Ammonium Hydroxide)법을 이용하는 도 9a 내지 도 9j에 제시된 방법 등 두 가지 방법을 제시한다. 그 중 첫 번째 방법은 다음과 같은 순서로 진행된다.

먼저, 도 8a에 도시된 바와 같이, 200 μ m 두께의 벌크 실리콘 기판(101) 상에 화학기상증착(CVD)법을 이용하여 SiN 및 SiO₂를 차례로 증착하여 실리콘 질화막(103') 및 실리콘 산화막(105')을 형성한다.

다음에, 도 8b에 도시된 바와 같이, 실리콘 산화막(105') 및 실리콘 질화막(103')을 패터닝하여 빗살 전극 구조 형성을 위한 마스크 패턴(103, 105)을 형성한다. 이 때, 인산(H₃PO₄)으로 실리콘 질화막(103)을 패터닝하나 플라스마 에칭 공정을

이용하여 패터닝할 수도 있다.

다음에, 도 8c에 도시된 바와 같이, 포토레지스트를 도포하고 패터닝하여 빗살 구조 및 어라인 풀 형성을 위한 포토레지스트 마스크 패턴(107)을 형성한다.

다음에, 도 8d에 도시된 바와 같이, ICPRIE법을 이용하여 수직 방향으로 깊숙히 최종 두께 10~20 μ m 만 남도록 벌크 실리콘 기판(101)을 식각하여 빗살 구조를 형성한 다음 포토레지스트 패턴(107)을 제거하여 실리콘 산화막 마스크 패턴(105) 및 실리콘 질화막 마스크 패턴(103) 만을 남긴다. 여기서, ICPRIE법은 RIE법 보다 플라스마 이온들을 집중시킬 수 있어 수직방향으로의 정밀한 이방성 식각에 더 유리한 장점이 있다.

다음에, 도 8e에 도시된 바와 같이, 빗살 구조 위의 실리콘 산화막 마스크 패턴(105)을 제거하여 실리콘 질화막 마스크 패턴(103)이 드러나도록 한 상태에서 빗살 구조를 갖는 실리콘 기판(101) 전면을 산화시켜 실리콘 산화막(109)을 형성한다. 이 때 실리콘 질화막 마스크 패턴(103)이 남아있는 곳에는 산화막이 생기지 않는다.

다음에, 빗살 구조 위의 실리콘 질화막 마스크 패턴(103)을 제거하여 빗살 구조 상부에만 실리콘이 드러나도록 하고, 도 8f에 도시된 바와 같이, XeF_2 가스를 이용하여 빗살 구조 만을 적당한 길이가 되도록 그 두께를 에칭한 다음 실리콘 산화막(109)을 제거한다. 이 때, 주위의 프레임 상에는 아직 산화막이 남아 있다. 여기서, XeF_2 가스 에칭법으로는 등방성 식각이 이루어지며, 그 식각속도(etching rate)가 빠른 것이 장점이다. 산화막 대비 실리콘 식각 속도 Si_3/Si 는 1/8000 정도로 실리콘의 식각 속도가 빠르다.

다음에, 도 8g에 도시된 바와 같이, 빗살 구조가 없는 후면에 포토리소그래피법과 ICPRIE법을 이용하여 불필요한 실리콘 기판 부분을 식각하여 관통시킴으로써 미소 거울 구동기의 상부 프레임을 형성한다. 여기서, 이 도면은 관통부를 보여주 기 위하여 상기 도면들과는 달리 90도 회전된 것이다.

다음에, 도 8h에 도시된 바와 같이, 상부 프레임 후면에 Si를 증착시켜 금속 미러(120) 및 탄성부재(130)에 도선을 형성한다. 부재번호 140은 상부 빗살 구조이다. 이 도면도 도 8g와 마찬가지로 앞서의 도면들과 달리 90도 회전 단면을 보여 준다.

본 발명에 따른 미소 거울 구동기의 상부 프레임을 제작하는 두 번째 방법은 다음과 같은 순서로 진행된다.

먼저, 도 9a에 도시된 바와 같이, 200 μ m 두께의 벌크 실리콘 기판(201)의 전후면을 1100 $^{\circ}$ C에서 3시간 정도 습식 산화(wet oxidation)법으로 산화시켜 1 μ m 두께의 SiO_2 막(203')을 형성한다.

다음에, 도 9b에 도시된 바와 같이, 실리콘 산화막(203')에 포토리소그래피법으로 실리콘 산화막(203')을 패터닝하여 빗살 전극 구조 형성을 위한 마스크 패턴(203)을 형성한다. 여기서 부재번호 205는 포토레지스트 패턴이다.

다음에, 도 9c에 도시된 바와 같이, ICPRIE법을 이용하여 수직 방향으로 약 140 μ m 정도로 깊숙히 벌크 실리콘 기판(201)을 식각한 다음 포토레지스트 패턴(205)을 제거하여 실리콘 산화막 마스크 패턴(203) 만을 남긴다.

다음에, 도 9d에 도시된 바와 같이, 노출된 실리콘 기판(201) 면에 CVD법으로 0.2 μ m 두께의 SiN을 전면에 증착한 다음 이온 밀링(ion milling)을 이용하여 에칭된 벽면에 증착된 질화막 외의 모든 질화막(특히 바닥면의 질화막)을 제거하여 측면 식각 방지막(207)을 형성한다.

다음에, 도 9e에 도시된 바와 같이, 노출된 실리콘 기판(201) 바닥면을 수직 방향으로 ICPRIE법을 이용하여 더욱 깊게 식각하고, 그 식각된 면을 습식으로 산화시켜(wet oxidation), 실리콘 산화막 마스크 패턴(209)을 형성한다. 이 때 식각 깊이는 50 μ m 정도 더 깊게 식각한다. 따라서 실리콘 기판(201)의 총 식각 깊이는 190 μ m 정도가 된다. 그리고 실리콘 질화막 마스크 패턴(207)이 남아있는 곳에는 산화막이 생기지 않는다.

다음에, 도 9f에 도시된 바와 같이, 상기 실리콘 질화막(SiN) 마스크 패턴(207)을 인산(HPO_4)을 이용하여 제거한다.

다음에, TMAH법으로 실리콘 기판(201)의 빗살 구조를 식각하여, 도 9g에 도시된 바와 같이, 빗살 전극 구조(211)를 적당한 길이로 형성한다. 이 때, 산화막(209)로 덮여진 부분의 빗살 구조는 그대로 남겨진다. 이는, TMAH(TetraMethyl Ammonium Hydroxide)법은 습식식각법으로서 결정면을 따라 식각되는 이방성을 이용한 방법으로 본 공정에서는 이러한 결정면에 따른 이방성 식각 성질을 이용하여 빗살 전극 구조의 식각이 일정지점에서 정지되도록 하기 때문이다. 이를 위해서는 (100)면을 갖는 실리콘 웨이퍼를 기판으로 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 본 공정에서는 TMAH법 뿐 만 아니라, 첫번째 제작 방법에서 소개된 바 있는, XeF_2 가스를 이용하여 빗살 구조 만을 적당한 길이가 되도록 에칭할 수 도 있다. XeF_2 가스 에칭법으로는 등방성 식각이 이루어지며, 그 식각속도(etching rate)가 빠른 것이 장점이다. 산화막 대비 실리콘 식각 속도 SiO_2/Si 는 1/8000 정도로 실리콘의 식각 속도가 빠르다.

다음에, 도 9h에 도시된 바와 같이, 실리콘 산화막(203, 209)들을 제거한다.

다음에, 도 9i에 도시된 바와 같이, 빗살 구조가 없는 후면에 포토리소그래피법과 ICPRIE법을 이용하여 불필요한 실리콘 기판 부분을 식각하여 관통시킴으로써 미소 거울 구동기의 상부 프레임을 형성한다. 여기서, 이 도면은 관통부를 보여주기 위하여 상기 도면들과는 달리 90도 회전된 것이다.

다음에, 도 9j에 도시된 바와 같이, 상부 프레임 후면에 Si를 증착시켜 금속 미러(220) 및 탄성부재(230)에 도선을 형성한다. 부재번호 240은 상부 빗살 구조이다. 이 도면도 도 9i와 마찬가지로 앞서의 도면들과 달리 90도 회전 단면을 보여준다.

이상과 같이 상부 프레임의 빗살 전극 구조에 대응하는 하부 빗살 전극 및 금속 배선을 유리 기판(31) 상에 형성하는 방법은 다음과 같다.

먼저, 도 10a에 도시된 바와 같이, $170\mu\text{m}$ 두께의 고농도 p형 실리콘 웨이퍼(301)를 전면적으로 산화시켜 산화막(302')을 형성한다.

다음에, 도 10b에 도시된 바와 같이, 전면의 실리콘 산화막(302')을 패터닝하여 빗살 전극 구조 형성을 위한 실리콘 산화막 마스크 패턴(302)을 형성한 후 배면의 산화막(302')는 완전히 제거한다. 이 배면의 산화막 에칭은 빗살 전극의 지지부(Si island)만 유리 기판에 접합되도록 하기 위한 것이다. 이와 같이 하지 않으면 나중에 상부 미러 실리콘을 접합시킬 때 유리 기판에 접합되지 않기 때문이다. 다음에, 실리콘 기판(301)을 포토리소그래피법과 ICPRIE법을 이용하여 $50\mu\text{m}$ 정도 깊이로 식각한다. 부재번호 303은 포토레지스트 패턴이다.

다음에, 도 10c에 도시된 바와 같이, 식각된 실리콘 기판(301)의 배면을 1mm 두께의 유리 기판(300)에 양극 접합 공정을 이용하여 접합한다. 이 때, 접합되는 부분은 빗살 전극 지지부와 주위의 실리콘 어라인 폴 만이 접합된다.

다음에, 도 10d에 도시된 바와 같이, 실리콘 기판(301)에 형성된 실리콘 산화막 마스크 패턴(302)을 덮는 포토레지스트 패턴(303)을 형성하고, ICPRIE법으로 실리콘 기판(301)의 빗살 전극 지지부와 주위의 어라인 폴가 형성될 부분만 남기고 수직하방으로 $70\mu\text{m}$ 정도의 깊이가 되게 깊숙이 식각한다.

다음에, 포토레지스트 패턴(303)을 제거한 다음, 도 10e에 도시된 바와 같이, ICPRIE법으로 실리콘 기판(301)을 식각하여 하부 빗살 전극 구조(305)를 형성함과 동시에 실리콘 기판(301)의 불필요한 부분을 식각하여 관통시킴으로써 빗살전극 구조의 하부 및 주변에 실리콘 프레임(306) 구조 및 어라인 폴(307) 만을 남겨 미소 거울 구동기의 하부 구조를 완성한다.

이와 같이 완성된 상부 프레임 및 하부 프레임은, 도 11에 도시된 바와 같이, 유리 기판(300) 상의 하부 빗살 전극 구조(300)에 상부 빗살 전극 구조(140, 240)가 맞물리도록 유리 기판의 네 귀퉁이에 각각 하나씩 마련된 어라인 폴(307)를 이용하여 하부 구조물에 상부 프레임을 결합시켜 미소 거울 구동기를 완성한다. 이와 같은 상하부 구조물의 결합을 위하여 어라인할 때, 어라인 폴은 중요한 역할을 한다. 즉, 어라인이 되기 전까지는 상하부의 빗살 전극 구조가 부딪히는 않도록 하는 스토퍼(stopper)의 역할을 하게 되며, 이 어라인 폴과 상면 실리콘 프레임의 관통홀을 이용해 위치를 어라인한 후 끼워넣어 상부 실리콘 프레임과 파이렉스 유리 기판을 접합하게 된다.

도 12는 상기와 같이 미소 거울 구동기의 제작 공정이 완료된 후의 모습을 찍은 사진이다. 도 13은 도 12의 동그라미 부분(빗살 전극 구조)을 확대하여 찍은 사진이다.

발명의 효과

이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기는 미소 거울이 중심축을 기준으로 임의의 각도까지 왕복 회전하도록 구동되고, 마이크로 크기를 갖는 거울의 구동 변위가 크거나 거울의 크기가 마이크로 사이즈에 비해 상당히 커서 구동변위가 상대적으로 증가 되더라도, 두 도체 사이의 간격과 변위 구간의 크기에 무관하게 힘을 발생하도록 하며 거울 크기가 커질 수록 힘이 더 증가하게 되도록, 광디스크 드라이브의 스윙암의 끝단에 크기, 무게, 단순성 정도를 고려하여 정전기력을 이용한 미소 거울을 구동시키는 구동기를 거울과 일체형으로 제작함으로써, 크기와 무게를 줄일수 있으며 단순화를 꾀 할 수 있다. 거울의 크기가 마이크로에서 밀리 크기로 커지더라도 빗살의 구조를 이용하기 때문에 다른 정전 구동기 방식에 비해 크기로 인한 정전력을 발생 시키는데에는 크게 제약을 받지 않으며 오히려 빗살 구조물을 더 많이 형성시킬 수 있어 작용력이 증가하게 된다. 구동시 거울의 회전축에 대칭으로 교대로 구동하기 때문에 한쪽 구동에 비해 같은 힘으로 두 배의 구동 변위를 얻는다. 또한 감지기는 양쪽 모두 존재하여 감지하므로 한쪽만 있는 경우 보다 두 배로 감지 성능이 향상된다. 그리고 거울의 구조상 거울몸체의 아래에 빗살 구조가 회전축에 대해 수직으로 놓여있는 구조여서 거울몸체가 정전기력을 받아 축에 대해 회전할 때 거울자체의 휘어짐을 방지하는 효과를 더불어 얻을 수 있다. 즉, 본 발명에 의한 거울 구동기는 거울 평면의 평평도의 문제 또한 해결이 가능한 구조이며 구동기와 거울평판이 분리가 되어있지 않는 일체형이라는 장점을 갖는다.

또한, 그 제작 방법에 있어서는, 미소 거울은 벌크 실리콘(bulk silicon)의 윗면에 증착되고 거울몸체, 빗살구조인 공통전극, 탄성부재 및 프레임은 마이크로 머신 공정인 ICPRIE를 포함하는 벌크 마이크로머시닝(bulk micromachining)을 이용하여 벌크 실리콘 재료로서 일체 구조로 제작한다. 하부 구조는 파이렉스 글래스(Pyrex glass)를 기판으로 하고 벌크 실리콘 혹은 레지스트(resist)를 이용하여 빗살 구조물을 형성하고 고정전극과 감지전극을 만든다. 이 때, 고정전극과 감지전극은 서로 절연되도록 실리콘으로 형성하거나 혹은 레지스트 빗살구조물 위에 도체막을 입히어 형성한다. 완성된 상부 구조물과 하부 구조물은 상부 구조물에서의 프레임과 하부 구조물의 기판의 접촉면에서 양극접합(anodic bonding)에 의해 결합된다. 지금까지 설명한 제작 방법은 하나의 예이며, 도 4a에 도시된 바와 같은 미소 거울 구동기는 다른 제조 방법에 의해서도 제작가능하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1. 기판;

상기 기판 상면에 고정된 프레임;

상기 프레임에 연결된 탄성부재;

상기 탄성부재가 상기 기판과 평행한 제1방향의 축상에 맞은편에 연결되고, 상기 제1방향축을 중심으로 왕복 회전하도록 상기 기판 상면으로부터 이격되어 있는 거울몸체;

상기 거울몸체 위에 장착된 거울;

상기 거울몸체 아래에, 일정 두께, 폭, 길이를 갖는 판 구조물이, 이 판의 면이 상기 제1방향과 수직하게 놓이고, 상기 판의 길이 방향이, 상기 제1방향과 직각이며 상기 기판과 평행한 제2방향에 평행하게 놓이며, 상기 판 구조물들이 일정 간격을 가지고 상기 제1방향으로 3개 이상 배열되어 있는 공통전극;

상기 공통전극과 같은 구조를 가지며 상기 공통전극과 상기 제1방향으로 소정거리 이격되어 대향하며, 상기 제1방향과 제

2방향에 대해 수직인 제3방향으로 일정거리 겹쳐지며, 상기 제2 방향으로 맞으면 구조물에 서로 일정거리 이격되어 존재하며, 상기 기판에 고정되어 전압이 인가되면 상기 공통전극에 상기 제3방향으로 정전인력을 제공하는 고정전극;

상기 고정전극과 같은 구조와 배열을 지니며, 상기 기판에 고정되며, 상기 공통전극이 움직이면 정전용량 변화를 감지하는 감지전극;

상기 공통전극과 상기 고정전극에 전위차를 발생시키도록 상기 고정전극에 전위를 인가하는 전원;

상기 공통전극과 상기 감지전극에 정전용량의 변화를 측정하는 감지기; 및

상기 전원을 조정하는 제어기;를

구비한 것을 특징으로하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기.

청구항 2. 제1항에 있어서,

상기 고정전극 및 감지전극은 상기 제1방향으로의 축을 기준으로, 일측에 일정한 순서와 비율로 상기 기판 위에 존재하며, 타측에 비율만 같고 순서는 상관없이 상기 기판 위에 존재하는 것을 특징으로하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기.

청구항 3. 제2항에 있어서,

상기 전원은 상기 고정전극에 일정한 바이어스 전압을 인가하고 교대로 같은 크기의 전압을 시간에 따라 가감해주는 교류 전압을 인가하여 주는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기.

청구항 4. 제2항에 있어서,

상기 감지전극은 상기 공통전극이 상기 제1방향의 축을 회전축으로 하여 일정량 회전할 때의 정전용량의 증감을 상기 회전축의 양쪽에서 감지하며 이 감지값의 절대값을 전체 정전용량의 변화로 하여 2배의 감지효과를 얻는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기.

청구항 5. 제1항에 있어서,

상기 프레임, 탄성 부재, 거울몸체, 공통전극은 일체로 형성되는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기.

청구항 6. 제1항에 있어서,

상기 프레임, 탄성 부재, 거울몸체, 공통전극은 탄성 및 도전성이 있는 재료로 형성된 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기.

청구항 7. 제1항에 있어서,

상기 거울은 상기 거울몸체 윗면에 바로 장착된 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기.

청구항 8. 제1항에 있어서,

상기 고정전극 혹은 상기 감지전극이 상기 제2방향으로 서로 이격된 거리 만큼 상기 공통전극과 겹치지 않는 부위에서의 폭을 정전기력에 의한 상기 거울용체의 굽힘 변형이 일정 제한 조건 내에 존재하도록 감소시키는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기.

청구항 9. 제1항에 있어서,

상기 프레임, 탄성 부재, 거울용체, 공통전극은 각각 벌크 실리콘을 이용하여 리액티브 이온 에칭법을 이용하여 일체로 제작된 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기.

청구항 10. 제1항에 있어서,

상기 기판은 파이렉스 글래스(Pyrex glass)로 형성되고, 상기 고정전극 및 상기 감지전극을 위한 구조물은 벌크 실리콘을 이용하여 형성되며, 상기 고정전극 및 상기 감지전극은 실리콘으로 형성된 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기.

청구항 11. 제1항에 있어서,

상기 프레임, 탄성 부재, 거울용체, 공통전극을 구비한 일체의 상부 구조와 상기 기판, 고정전극, 감지전극을 구비한 하부 구조가 각각 형성된 후 양극 본딩(anodic bonding)에 의해 결합된 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기.

청구항 12. (가) 벌크 실리콘 기판을 ICPRIE법 및 XeF_2 가스 에칭법으로 식각하여 상부 빗살 전극 구조를 갖는 상부 프레임을 형성 단계;

(나) 유리 기판 상에 부착된 벌크 실리콘을 ICPRIE법으로 식각하여 상기 상부 빗살 전극 구조에 대응하는 하부 빗살 전극 구조를 갖는 하부 구조물을 형성하는 단계; 및

(다) 상기 (가) 단계에서 제작된 상부 프레임을 상기 (나) 단계에서 제작된 하부 구조물에 상기 상부 빗살 전극 구조가 상기 하부 빗살 전극 구조에 맞물리도록 접합하는 단계;를

포함하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 13. 제12항에 있어서,

상기 (가) 단계는,

(가-1) 벌크 실리콘 기판 상에 실리콘 질화막 및 실리콘 산화막을 형성하는 서브단계;

(가-2) 상기 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 패터닝하여 빗살 전극 구조 형성을 위한 마스크 패턴을 형성하는 서브단계;

(가-3) 상기 산화막 및 질화막 마스크 패턴이 형성된 상기 벌크 실리콘 기판 상의 가장자리에 포토레지스트를 도포하고 패터닝하여 빗살 구조 및 어라인 풀 형성을 위한 포토레지스트 마스크 패턴을 형성하는 서브단계;

(가-4) 상기 산화막 및 질화막 마스크 패턴 및 상기 포토레지스트 패턴을 이용하여 ICPRIE법으로 상기 벌크 실리콘 기판을 수직 방향으로 식각하여 빗살 구조를 형성한 다음 상기 포토레지스트 패턴을 제거하는 서브단계;

(가-5) 상기 빗살 구조 위의 실리콘 산화막 마스크 패턴을 제거하여 실리콘 질화막 마스크 패턴이 드러나도록 한 상태에서 상기 빗살 구조를 갖는 실리콘 기판 전면을 산화시켜 재차 실리콘 산화막을 형성하는 서브단계;

(가-6) 상기 빗살 구조 위의 실리콘 질화막 마스크 패턴을 제거하여 빗살 구조 상부에만 실리콘이 드러나도록 하고, XeF 가스를 이용하여 빗살 구조 만을 적당한 길이가 되도록 에칭한 다음 실리콘 산화막을 제거하는 서브단계;

(가-7) 상기 벌크 실리콘 기판을 포토리소그래피법과 ICPRIE법을 이용하여 상기 빗살 구조가 없는 후면에서 식각하여 불 필요한 부분을 식각하여 관통시킴으로써 미소 거울 구동기의 상부 프레임을 형성하는 서브단계; 및

(가-8) 상기 상부 프레임 후면에 Al을 증착시켜 금속 미러 및 탄성부재에 도선을 형성하는 서브단계;를

포함하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 14. 제13항에 있어서,

상기 (가-1) 서브단계에서, 상기 벌크 실리콘 기판은 $200\mu\text{m}$ 이상의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 15. 제13항에 있어서,

상기 (가-1) 서브단계에서, 상기 실리콘 질화막 및 실리콘 산화막은 화학기상증착법을 이용하여 SiN 및 SiO_2 를 차례로 증 착하여 형성하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 16. 제13항에 있어서,

상기 (가-2) 서브단계에서 상기 실리콘 질화막은 인산(H_3PO_4)으로 패터닝하거나 플라즈마 에칭 공정을 이용하여 패터닝하 는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 17. 제13항에 있어서,

상기 (가-4) 서브단계에서, 상기 벌크 실리콘 기판이 두께 $10\sim 20\mu\text{m}$ 만 남도록 식각되는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 18. 제12항에 있어서,

상기 (가) 단계는,

(가-1) (100)면을 갖는 벌크 실리콘 기판 전후면에 SiO_2 막을 형성하는 서브단계;

(가-2) 포토리소그래피법으로 상기 실리콘 산화막을 패터닝하여 상기 빗살 전극 구조 형성을 위한 마스크 패턴을 형성하 는 서브단계;

(가-3) ICPRIE법을 이용하여 상기 실리콘 기판을 수직 방향으로 식각한 다음 포토레지스트 패턴만을 제거하는 서브단계;

(가-4) 상기 노출된 실리콘 벽면에 질화막으로 측면 식각 방지막을 형성하는 서브단계;

(가-5) 상기 노출된 실리콘 기판의 바닥면을 수직 방향으로 ICPRIE법을 이용하여 추가로 소정의 깊이 만큼 더욱 깊게 식 각하고, 그 식각된 면에 실리콘 산화막 마스크 패턴을 형성하는 서브단계;

(가-6) 상기 실리콘 질화막 마스크 패턴을 제거하는 서브단계;

(가-7) TMAH법으로 상기 실리콘 기판의 빗살 구조를 식각하여, 상기 빗살 전극 구조를 소정의 길이로 형성하는 서브단계;

(가-8) 상기 실리콘 산화막들을 제거하는 서브단계;

(가-9) 상기 빗살 구조가 없는 후면으로부터 상기 실리콘 기판의 불필요한 부분을 식각하여 관통시킴으로써 미소 거울 구동기의 상부 프레임을 형성하는 서브단계; 및

(가-10) 상기 상부 프레임 후면에 금속을 증착시켜 금속 미러 및 탄성부재에 도선을 형성하는 서브단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 19. 제18항에 있어서,

상기 (가-1) 서브단계에서, 상기 벌크 실리콘 기판은 $200\mu\text{m}$ 의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 20. 제18항에 있어서,

상기 (가-1) 서브단계는 1100°C 에서 3시간 정도 습식 산화(wet oxidation)법으로 산화시켜 $1\mu\text{m}$ 두께의 SiO_2 막을 형성하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 21. 제18항에 있어서,

상기 (가-3) 서브단계에서, 상기 실리콘 기판은 수직 방향으로 $140\mu\text{m}$ 깊이 까지 식각되는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 22. 제18항에 있어서,

상기 (가-4) 서브단계에서, 상기 질화막으로된 측면 식각 방지막은 CVD법으로 $0.2\mu\text{m}$ 두께의 SiN 을 전면 증착한 다음, 이온 밀링(ion milling)을 이용하여 상기 벽면에 증착된 질화막 외의 모든 질화막을 제거함으로써 형성되는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 23. 제18항에 있어서,

상기 (가-5) 서브단계에서, 상기 추가 식각 깊이는 $50\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 24. 제18항에 있어서,

상기 (가-5) 서브단계에서, 상기 실리콘 산화막 마스크 패턴은 습식 산화법으로 형성하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 25. 제18항에 있어서,

상기 (가-6) 서브단계에서, 상기 실리콘 질화막 마스크 패턴은 인산(HPO_4)을 이용하여 제거되는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 26. 제18항에 있어서,

상기 (가-1) 서브 단계에서 상기 (100)면 혹은 다른 결정 방향을 갖는 벌크 실리콘 기판을 사용하고, 상기 (가-7) 서브단

계에서, TMAH법 대신에 XeF_2 가스를 이용하여 빗살 구조 만을 소정의 길이가 되도록 에칭하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 27. 제18항에 있어서,

상기 (가-9) 서브단계는 포토리소그래피법과 ICPRIE법을 이용하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 28. 제18항에 있어서,

상기 (가-10) 서브단계에서, 상기 금속으로 Si를 사용하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 29. 제12항에 있어서,

상기 (나) 단계는,

(나-1) 실리콘 기판을 전체적으로 산화시켜 산화막을 형성하는 서브단계;

(나-2) 상기 실리콘 웨이퍼 전면의 실리콘 산화막을 패터닝하여 빗살 전극 구조 형성을 위한 실리콘 산화막 마스크 패턴을 형성한 후 배면의 산화막은 완전히 제거하고, 상기 실리콘 기판을 소정의 깊이로 식각하는 서브단계;

(나-3) 상기 식각된 실리콘 기판의 배면을 소정 두께의 유리 기판에 양극 접합 공정을 이용하여 접합하는 서브단계;

(나-4) 상기 실리콘 기판에 형성된 실리콘 산화막 마스크 패턴을 덮는 포토레지스트 패턴을 형성하고, 상기 실리콘 기판의 빗살 전극 지지부와 주위의 어라인 풀이 형성될 부분만 남기고 상기 실리콘 기판을 수직하방으로 소정의 깊이 까지 식각하는 서브단계;

(나-5) 상기 포토레지스트 패턴을 제거한 다음, ICPRIE법으로 상기 실리콘 기판을 식각하여 하부 빗살 전극 구조를 형성함과 동시에 상기 실리콘 기판의 불필요한 부분을 식각하여 관통시킴으로써 빗살전극 구조의 하부 및 주변에 실리콘 프레임 구조 및 어라인 풀 만을 남겨 미소 거울 구동기의 하부 구조를 완성하는 서브단계;를

포함하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 30. 제29항에 있어서,

상기 (나-1) 단계에서, 상기 실리콘 기판으로 170 μ m 두께의 고농도 p형 실리콘 기판을 사용하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 31. 제29항에 있어서,

상기 (나-2) 단계에서, 상기 실리콘 기판은 포토리소그래피법과 ICPRIE법을 이용하여 50 μ m 정도 깊이로 식각하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 32. 제29항에 있어서,

상기 (나-3) 단계에서, 상기 유리 기판으로 1mm 두께의 파이렉스 유리 기판을 사용하고, 상기 식각된 실리콘 기판의 배면 중에서 하부 빗살 전극 지지부와 어라인 풀만을 접합하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미

소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 33. 제29항에 있어서,

상기 (나-4) 단계에서, 상기 식각 공정은 ICPRIE법으로 $70\mu\text{m}$ 깊이 까지 식각하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

청구항 34. 제12항에 있어서,

상기 (다) 단계는,

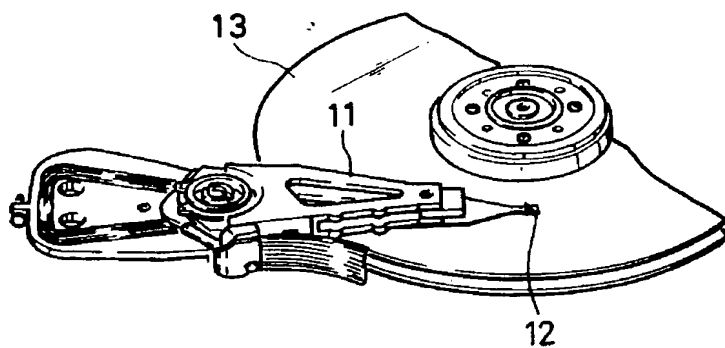
상기 유리 기판 상의 하부 빔살 전극 구조에 상기 상부 빔살 전극 구조가 맞물리도록 상기 하부 구조물의 네 귀퉁이에 각각 하나씩 마련된 어라인 폴을 상기 하부 구조물의 홈에 끼워 상기 상부 프레임을 상기 하부 구조물에 결합하는 단계; 및

양극 접합을 이용하여 상기 하부 구조물에 상기 상부 프레임을 양극접합을 이용하여 접합하는 단계;를

포함하는 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 정전기력을 이용한 광디스크 드라이브의 미소 거울 구동기 제작 방법.

도면

도면 1a



도면 1b

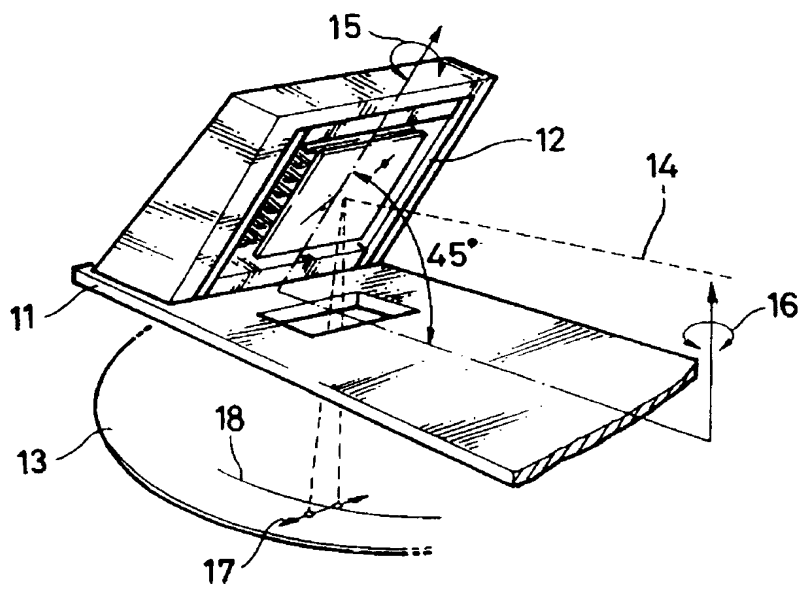


FIG. 2

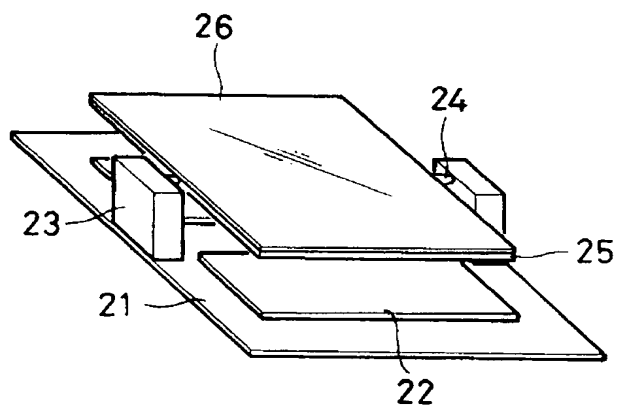


FIG. 3

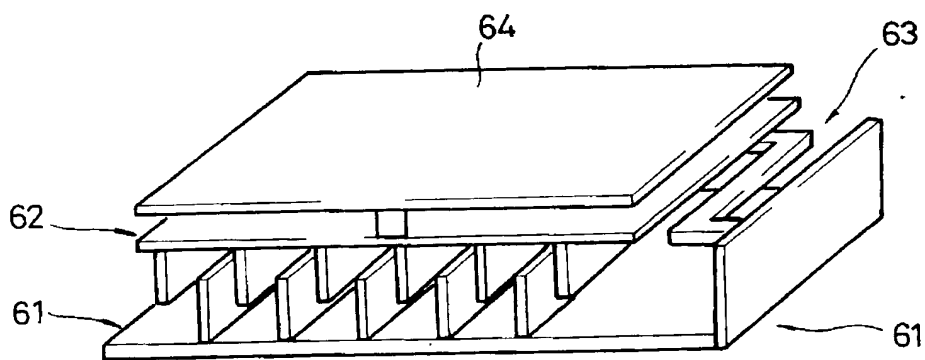


FIG. 4a

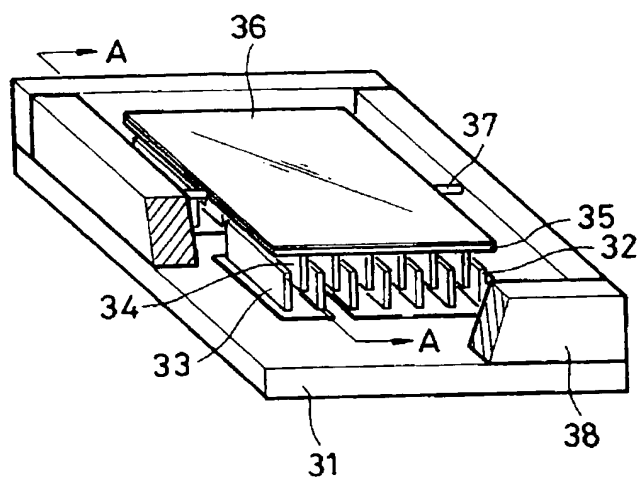


FIG. 4b

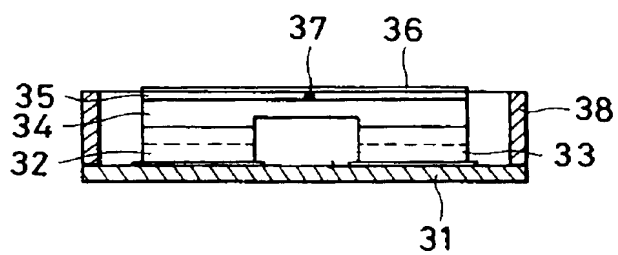


FIG. 4b

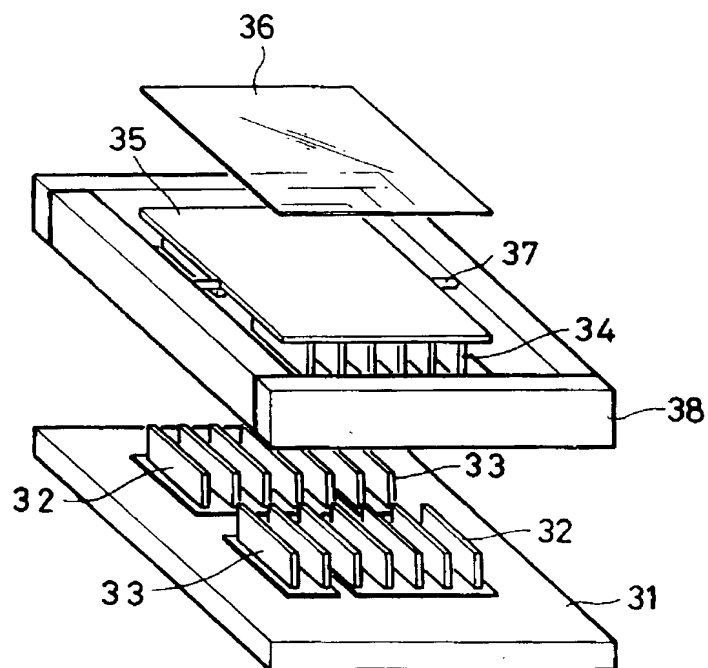


FIG. 4a

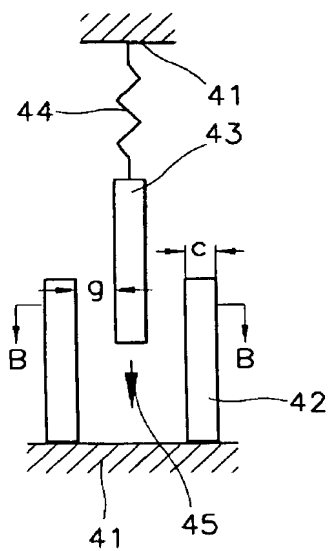


図 25c

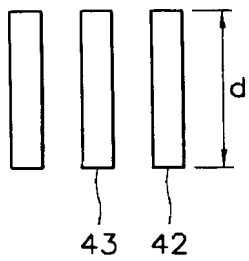
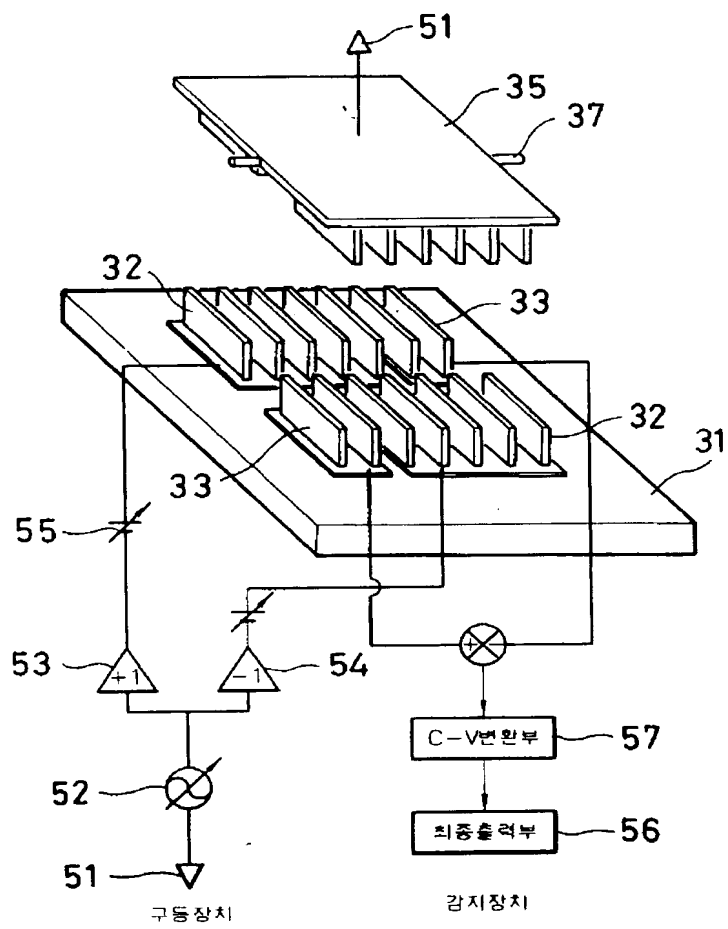


図 25d



도면 7

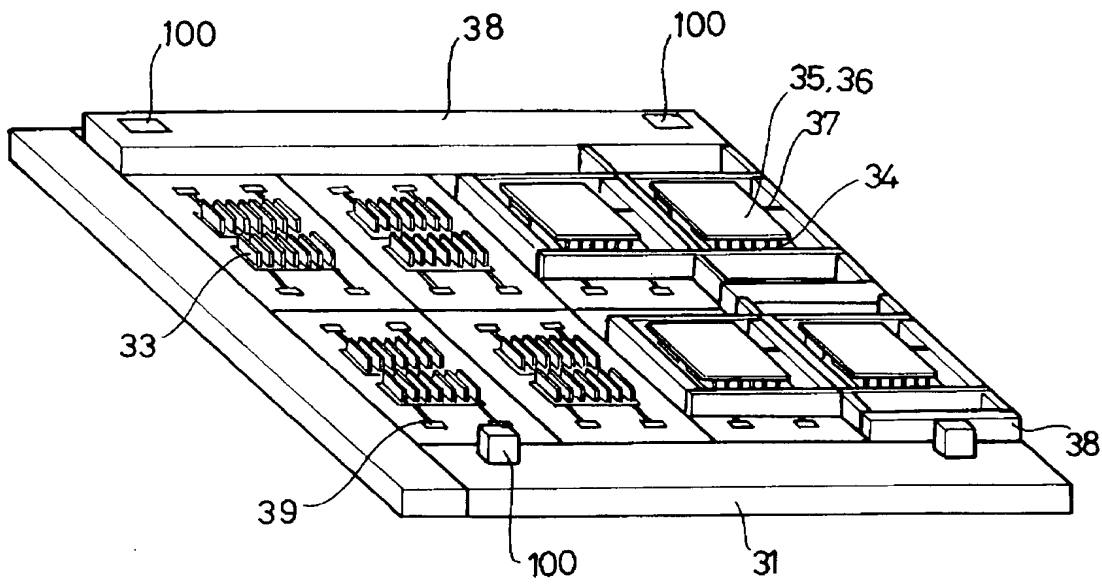


FIG. 8a

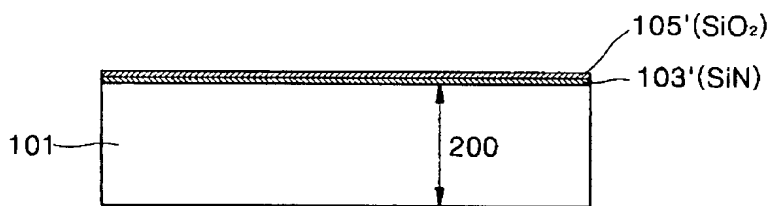
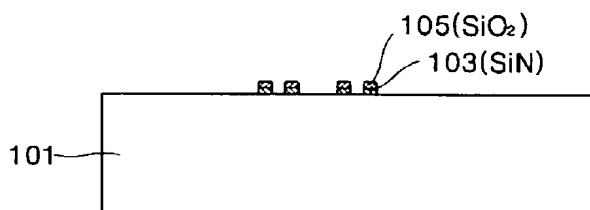
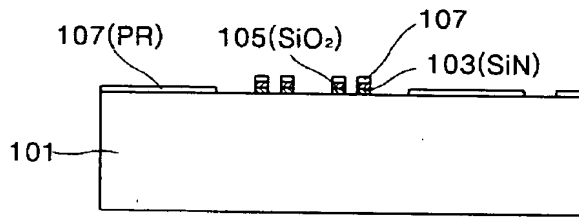


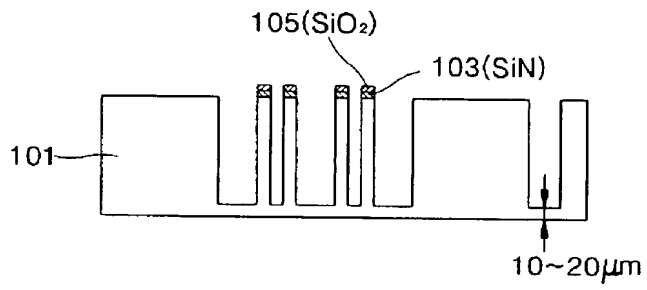
FIG. 8b



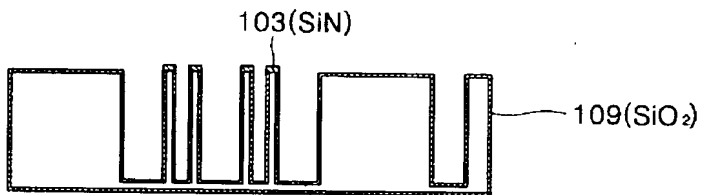
도면8c



도면8d



도면8e



도면8f



FIG. 6a

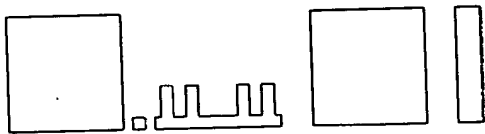


FIG. 6b

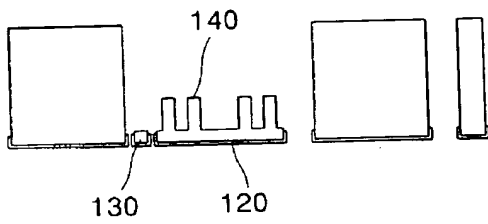


FIG. 6c

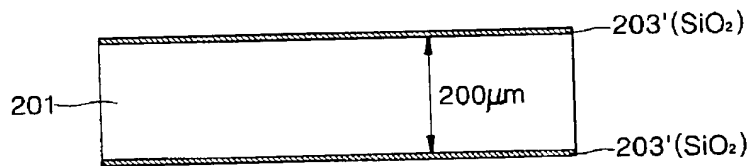


FIG. 6d

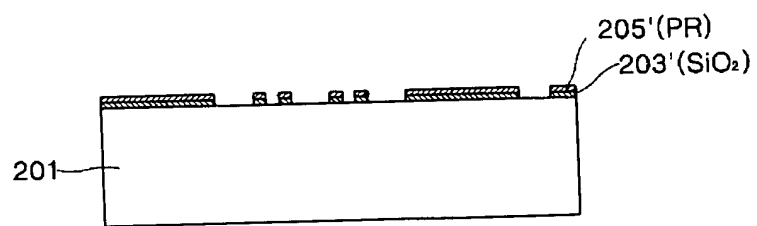


Fig. 219

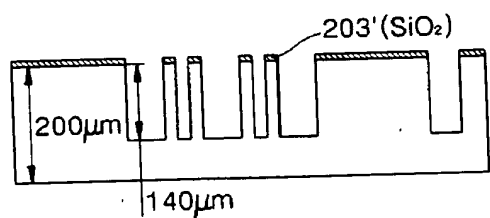


Fig. 220

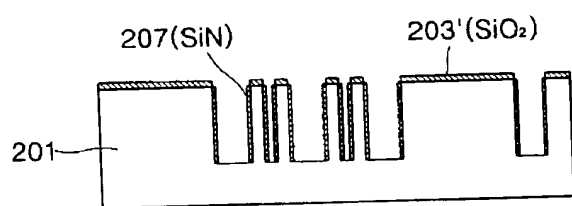


Fig. 221

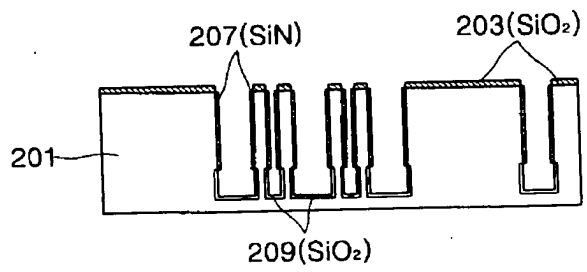


Fig. 2101

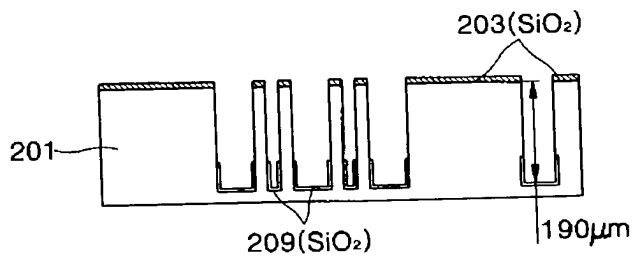


Fig. 2102

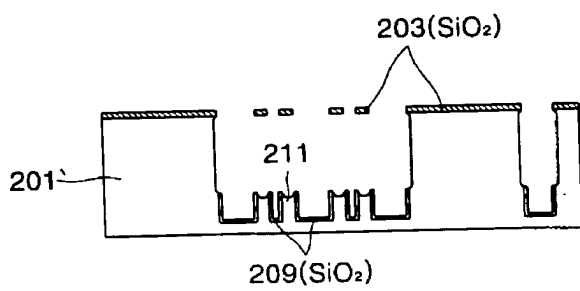
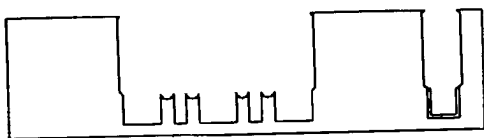
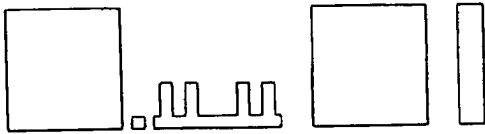


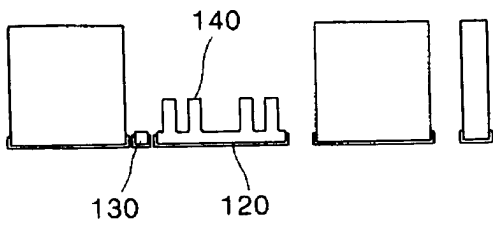
Fig. 2103



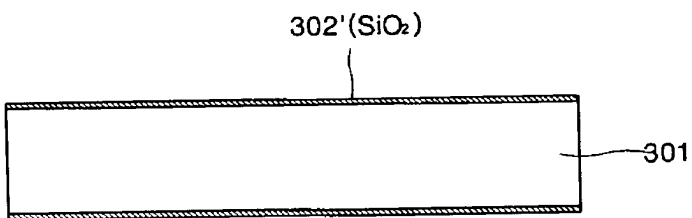
도면 9f



도면 9g



도면 10a



도면 10b

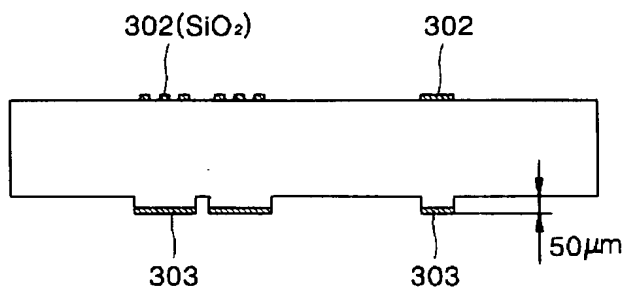


Fig. 10c

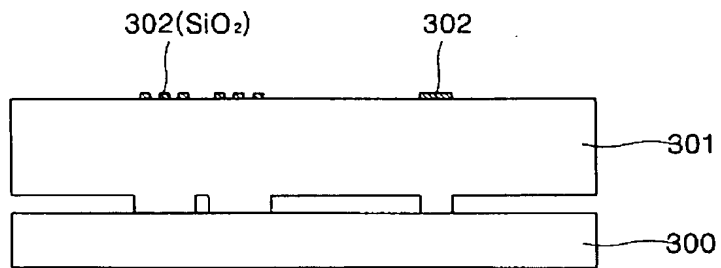


Fig. 10d

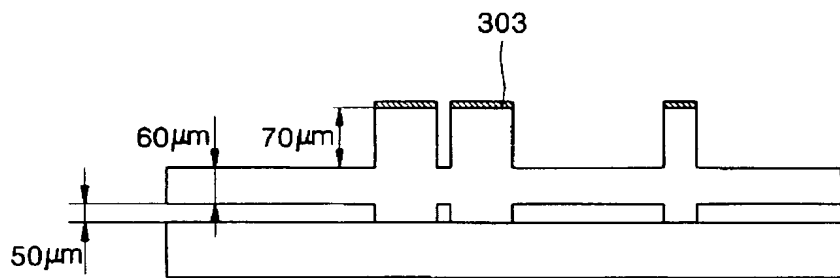
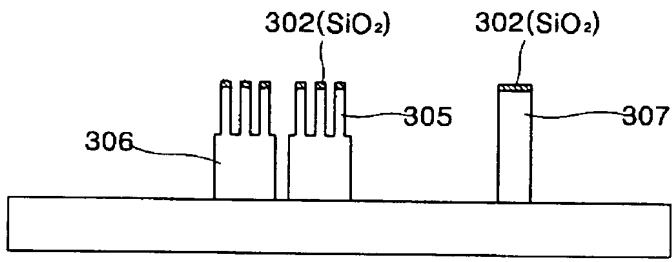
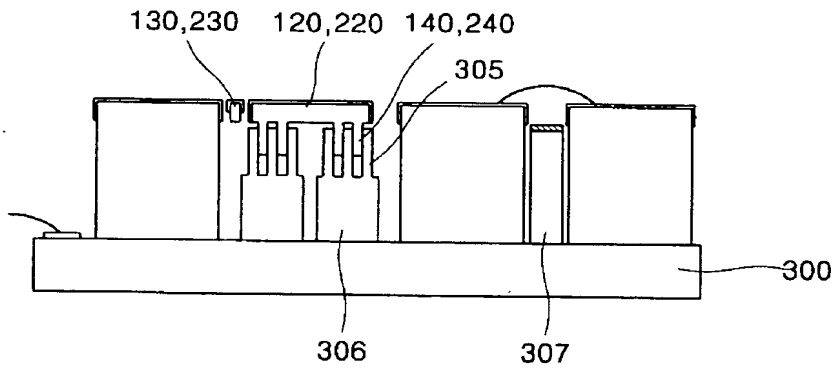


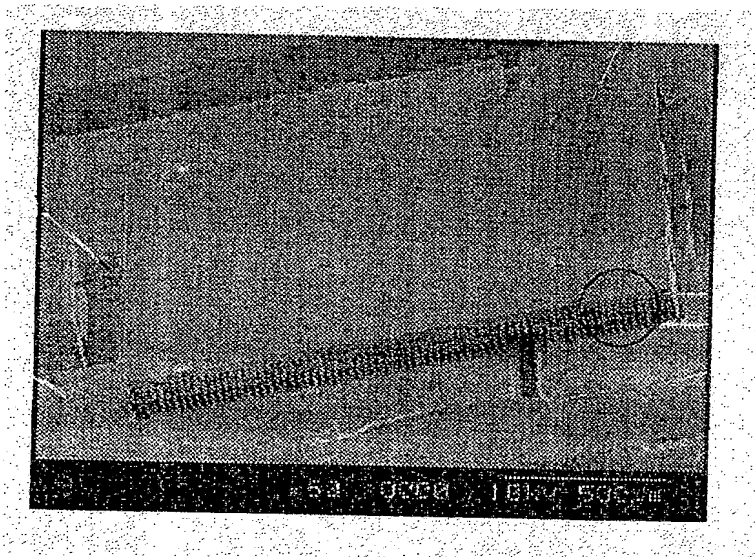
Fig. 10e



도면 11



도면 12



5. 21. 13

